



جامعة الموصل
كلية الهندسة

دراسة اداء الأعمدة الخرسانية المسلحة ذات المقاومة العالية
المحملة بشكل غير مركزي باستخدام تسليح غير متناظر

بيداء يحيى مصطفى العبيدي

رسالة ماجستير
علوم في الهندسة المدنية / انشاءات

بإشراف
الأستاذ الدكتور

محمد نجم محمود آل زبير

الخلاصة

جرى خلال هذا البحث دراسة تأثير استعمال حديد التسليح غير المتناظر في الأعمدة المستطيلة المحملة لا مركزيا عند استعمال خرسانة عالية المقاومة والخروج بتوصيات تتعلق بالحالات التي يمكن أن تساعد في الاستفادة من مقاومة الخرسانة العالية باستعمال حديد تسليح غير متناظر.

وينقسم البحث الحالي إلى شقين: دراسة عملية ودراسة نظرية، حيث تضمنت الدراسة العملية فحص ثمانية أعمدة خرسانية مسلحة لدراسة تأثير المتغيرات التالية على سلوك الأعمدة الخرسانية المسلحة ومقاومتها:

- a. تأثير مقاومة الخرسانة: تم استعمال نوعين من الخرسانة: ذات مقاومة إعتيادية، ومقاومة عالية.
- b. تأثير توزيع حديد التسليح الطولي المتناظر وغير المتناظر، مع تثبيت نسبة التسليح.
- c. تأثير الاختلاف في لامركزية الحمل (Eccentricity of Load): تم تسليط حمل لامركزي أحادي المحور على المحور الرئيس لمقطع العمود (Uniaxial Bending and Compression Loaded Columns).

أما الدراسة النظرية فتضمنت إجراء التحليل غير الخطي لثمانية أعمدة تحاكي الأعمدة في البرنامج العملي بواسطة برنامج (ANSYS V15) ومقارنة النتائج مع النتائج العملية التي تم الحصول عليها. كما تم إجراء حسابات يدوية بالاعتماد على المدونة الأمريكية (ACI 318-19 Code) ومقارنة نتائج مقاومة الأعمدة مع نتائج الدراستين العملية والنظرية.

وجرى فحص ثمانية أعمدة مستطيلة من الخرسانة المسلحة عملياً ذوات مقطع عرضي ثابت $(200\text{mm} \times 150\text{mm})$ ، وارتفاع ثابت (1300 mm) ، أما التحليل العددي فشمّل ثمانية أعمدة مستطيلة من الخرسانة المسلحة، ولغرض الاستفادة من التناظر الموجود في العمود تم أخذ ربع نموذج العمود العلوي لإجراء التحليل، فكانت جميع الأعمدة ذوات مقطع عرضي ثابت $(200\text{mm} \times 75\text{mm})$ ، وارتفاع ثابت (650 mm) . ونسبة التسليح الطولي والمستعرض لجميع الأعمدة ثابتة. وغلّفت نهايتي الأعمدة بطبقتين من شرائح (CFRP) على ارتفاع (100mm) باتجاه أفقي. قُسمت الأعمدة إلى مجموعتين: المجموعة الأولى تتكون من أربعة أعمدة (COL-1,2,3,4) ذوات خرسانة اعتيادية المقاومة (NSC)، والمجموعة الثانية تتكون أيضاً من أربعة أعمدة (COL-5,6,7,8) ذوات خرسانة عالية المقاومة (HSC). وقد تم تسليح عمودين من كل مجموعة (COL-1,3,5,7) بشكل متناظر، بينما تم تسليح بقية الأعمدة (COL-2,4,6,8) بشكل غير متناظر. تم فحص الأعمدة (COL-1,2,5,6) تحت تأثير الحمل اللامركزي بانحراف اسمي مقداره (100mm) ، $(e/h = 0.5)$ ، تم اختبار الأعمدة المتبقية (COL-3,4,7,8) تحت تأثير الحمل اللامركزي بانحراف اسمي مقداره (150mm) ، $(e/h = 0.75)$.

وقد أظهرت نتائج البرنامج العملي والنظري سلوكاً متقارباً للأعمدة، فبصورة عامة كانت أوضاع فشل الأعمدة جميعها فشل ضغط، وكانت نتائج مقاومة الأعمدة متقاربة بشكل كبير، وأدت زيادة مقاومة انضغاط الخرسانة الى زيادة مقاومة الأعمدة سواء كانت ذوات تسليح متناظر أو غير متناظر، وخاصة عندما تكون تحت تأثير الحمل اللامركزي أحادي المحور ذوات الانحراف القليل. أظهرت النتائج العملية في حالة الأعمدة ذوات التسليح غير المتناظر عندما تقع تحت تأثير حمل بانحراف قليل أن زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة بنسبة (106%) أدت الى زيادة مقاومة العمود بنسبة (53.4%). وبالنسبة للأعمدة ذوات التسليح المتناظر والانحراف العالي، أدت زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة بنسبة (74.6%) الى زيادة مقاومة العمود بنسبة (28.3%)، بينما في حالة الإنحراف للحمل نفسها ولكن مع وجود التسليح غير المتناظر، زادت مقاومة العمود بنسبة (49.3%)، أي أن هناك كسباً في زيادة مقاومة العمود بنسبة (21.0%).

وعند تغيير حالة تسليح الأعمدة من متناظرة الى غير متناظرة، تحت تأثير الأحمال اللامركزية ذوات الإنحراف القليل، فإن زيادة مقاومة انضغاط الخرسانة بنسبة (106%) نتج عنه زيادة في مقاومة انضغاط العمود بنسبة (47.6%)، وعندما تكون الأعمدة تحت تأثير الأحمال اللامركزية ذوات الانحراف العالي، فإن زيادة مقاومة انضغاط الخرسانة بنسبة (74.6%) أدت الى زيادة في مقاومة انضغاط العمود بنسبة (50.6%). وبالنسبة للأعمدة ذوات الخرسانة العالية المقاومة والانحراف الأعلى في موقع تسليط الحمل فإن استعمال التسليح غير المتناظر أدى الى زيادة مقاومة العمود بنسبة (17.4%).

وقد كان التسليح غير المتناظر ذا تأثير واضح على الإزاحة الجانبية عند متوسط الارتفاع للأعمدة ذوات الخرسانة الاعتيادية المقاومة والانحراف الأعلى للأحمال المسطرة، وبالرغم من ذلك فإن الأعمدة ذوات الخرسانة العالية المقاومة والتسليح غير المتناظر، عند وجود الانحراف القليل للحمل المسلط، انخفضت الإزاحة الجانبية في متوسط ارتفاع العمود عند حمل الفشل بشكل ملحوظ بنسبة (12.8%). أما زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة بنسبة (106%) فقد أدى إلى انخفاض الإزاحة الجانبية في متوسط الارتفاع للأعمدة عند الفشل بنسبة انخفاض (23.1%) في حالة الأعمدة ذوات التسليح غير المتناظر، وبوجود الإنحراف القليل للحمل المسلط.

University of Mosul
College of Engineering



**Investigating the Performance of Eccentrically Loaded
High Strength Reinforced Concrete Columns with
Unsymmetrical Reinforcements**

Beidaa Yahya Mustafa AL –Obeidi

M.Sc. / Thesis
in
Civil Engineering / Structures

Supervised By
Prof. Dr. Mohammed Najim Mahmood

Abstract

In this study, the effect of using asymmetric reinforcing steel in eccentrically loaded rectangular columns and the use of high strength concrete were studied and recommendations related to cases that can aid in utilizing high concrete strength by using asymmetric reinforcing steel.

The current thesis included two phases, practical and theoretical study. The practical phase included testing eight reinforced concrete columns to study the effect of the following variables on the behavior and strength of reinforced concrete columns:

- a- The effect of concrete strength, as two types of concrete were used, normal and high strength.
- b- The effect of longitudinal steel distribution by using symmetric and asymmetric reinforcement and fixing the reinforcement ratio.
- c- Study the effect of difference in eccentricity of load, an eccentric uniaxial load was applied causing bending about major axis (Uniaxial Bending and Compression Loaded Columns).

As for the theoretical study, it included a non-linear analysis of the eight columns simulating the columns in the practical program using (ANSYS V15) software and comparing the results with the practical results that were obtained. Additionally, hand calculations based on the American code (ACI 318-19 Code) were performed, and the results of columns strength were compared to those of the practical and theoretical studies.

Eight rectangular reinforced concrete columns were experimentally examined with a fixed cross section (150mm×200mm), a fixed height (1300mm). As for the numerical analysis, it included eight rectangular reinforced concrete columns. The symmetry in the column was taken advantage of, so a quarter of the upper column model was used for the analysis. All columns had a fixed cross-section (200 mm×75 mm), a fixed height (650 mm). All columns have a fixed ratio of longitudinal and transverse reinforcement. The ends of the columns are covered with two layers of (CFRP) strips at a height of (100 mm) in a horizontal direction.

The columns were divided into two groups, the first of which included four columns of normal strength concrete (NSC) (COL-1,2,3,4), and the second of which included four columns of high strength concrete (COL- 5,6,7,8). Two columns of each group (COL-1,3,5,7) were reinforced with symmetrical reinforcing, while the rest of the columns (COL-2,4,6,8) were reinforced with

asymmetrical reinforcing,. The columns (COL-1,2,5,6) were tested under the influence of eccentric load with a nominal value of (100) mm ($e/h = 0.5$), whereas the remaining columns (COL-3,4,7,8) were tested with an eccentric load with a nominal value of (150) mm ($e/h = 0.75$).

The results of the experimental and theoretical program showed a matched behavior of the columns, in general, the modes of failure of columns were all compression failure, and the results of the resistance of the columns were very close. It was observed that increasing concrete's compressive strength enhances the resistance of reinforced concrete columns, whether they have symmetrical or asymmetrical reinforcement, especially columns under the influence of uniaxial eccentric load with low load eccentricity. In the case of columns with asymmetrical reinforcement under the influence of a load with low eccentricity, the increase in the compressive strength of concrete by (106%) led to an increase in the strength of the column by (53.4%). For columns with symmetrical reinforcement and high eccentricity, the increase in concrete's compressive strength by (74.6%) resulted in an increase in the column's strength of (28.3%), whereas in the same case of eccentricity of the load but with the asymmetrical reinforcement, the column's strength increased by (49.3%). In other words, there is a gain in increasing the resistance of the column by (21.0%).

When the reinforcement of the columns changed from symmetrical to asymmetrical, and in the case of columns under the influence of eccentric loads with low eccentricity, the increase in the compressive strength of concrete by (106%), increasing the compressive strength of the column by (47.6%), while the case of columns under the influence of loads with high eccentricity, the increase in the compressive strength of concrete by (74.6%) resulted in an increase in the compressive strength of the column by (50.6%). For columns with high strength concrete and a higher eccentricity, the use of asymmetrical reinforcement led to an increase in the strength of the column by (17.4%).

Asymmetrical reinforcement had a clear effect on the mid-height displacement of the columns with normal strength concrete and the higher eccentricity for the applied loads. However, for columns with high strength concrete and asymmetric reinforcement, with low eccentricity, the mid-height displacement at failure load significantly decreased by (12.8%). The increase in the compressive strength of concrete by (106%) led to decrease in the mid-height displacement at failure by (23.1%) in the case of columns with asymmetrical reinforcement, with low applied load eccentricity.